

УДК 548.12

МАТРИЧНО-РЕПЛИКАЦИОННЫЙ РОСТ МОНОКРИСТАЛЛОВ ИЗ РАСПЛАВОВ

Ю.М. Смирнов

Тверской государственный университет
кафедра прикладной физики

Описаны примеры матрично-репликационного роста монокристаллов германия при высоких переохлаждениях расплава.

Книга Э. Шредингера «Что такое жизнь» была опубликована в СССР через много лет после его лекций по теоретической биологии в Дублинском университете. Взгляды Шредингера были основаны на модели одномерного кристалла и матричной концепции воспроизведения наследственных признаков. Он считал, что она общепринята у биологов. Однако эта идея в то время была лишь высказана биологом Н.К. Кольцовым. Считается, что матричный принцип передачи наследственной информации – идея, равная по значению идеям квантовой механики [1].

Биологи еще в начале XX века высказывали мнение, что существуют аналогии процессов роста кристаллов и передачи наследственной информации [2]. Аналогии здесь безусловны. Кристалл несет в себе множество загадок и одна из них – каким образом он растет. Существует не менее десяти фундаментальных теорий по этой проблеме, что свидетельствует об ее нерешенности. Эти теории решают частные вопросы, но не описывают рождение, рост, гибель, болезни (дефекты) кристаллов во всей их совокупности.

Что же касается матричного воспроизведения, то автору пришлось неоднократно наблюдать таковое. Наблюдения были связаны с разработкой методов выращивания монокристаллов германия с большой площадью сечения для инфракрасной оптики. Эту проблему в СССР довелось решить автору [3]. Инфракрасная оптика требовала срочно вырастить такие кристаллы, и они в течение двух лет были получены, а зарубежные достижения в этой области остались позади.

Но на некоторые стороны реализации метода, интересные с научных позиций, обратить детальное внимание в те времена не удалось. Первые методы базировались на способе Штебера. Монокристалл зарождался в объеме расплава на дне тигля, где создавалось значительное переохлаждения расплава путем ввода охлаждающего устройства. В конечном счете, монокристалл

показывался из расплава на его поверхности. Но вместе с этим из расплава всплывали и более мелкие монокристаллы, которые тогда тут же наименовали «паразитными». Они имели ту же кристаллографическую ориентацию, что и основной кристалл, подплывали и прирастали к нему. В конечном итоге вырастали двойники, тройники и даже четверники. Их поверхность в целом представляла плотноупакованную грань (111) с рядом вичинальных граней.

Следующим этапом была система подвода мощного холодильника к поверхности расплава. Под холодильником тоже зарождался монокристаллический зародыш. Но от «паразитных» кристаллов избавиться не удалось. Далее был разработан способ создания высокого переохлаждения расплава без холодильника путем выращивания небольшого по диаметру монокристалла со скоростью, превышающей обычные скорости роста в 4–5 раз. Способ сразу же привел к искомым результатам, но «паразиты» время от времени выскакивали на поверхность расплава, где их тут же вылавливали приспособлением типа кривой ложки – кочерги.

Во всех описанных случаях мешающие положительному результату монокристаллы по кристаллографическим характеристикам в точности соответствовали основному монокристаллу. Это было первой серией примеров матричной репликации при росте монокристаллов.

Следующий пример был более оригинальным и необычным. Под руководством автора инженером Г.В. Сачковым решалась еще одна задача – получение монокристаллических пластин германия путем выращивания через профилирующее устройство. Оно являлось пластиной из графита со щелью размерами $80 \times 10 \text{ мм}^2$, помещаемой на поверхность кускового германия, размещенного в тигле. Германий плавился, в щель опускалась монокристаллическая затравка и после затравления начинался рост монокристаллической пластины. Во время одного из процессов в системе роста начали происходить необычные явления. Отметим, что устройство позволяло визуально наблюдать за фронтом кристаллизации и мениском расплава. В мениске начали появляться зубчатые монокристаллы, растущие из объема расплава. Между ними и монокристаллом вначале был промежуток из расплавленного германия. Монокристаллы росли, промежуток уменьшался. В конечном итоге они прирастали к монокристаллической пластине, входя в ее объем. А под прирастающим монокристаллом появлялся промежуток расплава. Создавалось такое впечатление, что

эти малые монокристаллы постоянно движутся к фронту роста. На самом же деле происходили рост в верхней части малого монокристалла и подплавление в его нижней части.

Полученная монокристаллическая пластина имела «черепитчатую» поверхность. Она была монокристаллической, но блочной, границы блоков, т.е. границы вошедших в платину малых монокристаллов, имели повышенную плотность дислокаций и малоугловые дислокационные границы.

Последний пример, по-видимому, является классическим случаем матричной репликации при росте монокристаллов германия.

Список литературы

1. Шноль С.Э. Физико-химические факторы биологической эволюции. М.: Наука, 1979.
2. Пржбам Г. Обзор мнений авторов о значении аналогии между кристаллами и организмом. 1913. (Цитируется по книге С.Э.Шноля «Герои, злодеи, конформисты российской науки». М., 2001).
3. Смирнов Ю.М. О выращивании монокристаллов германия большого диаметра // Цветные металлы. 1975. №1. С. 52–53.